

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEGANGAN TEKAN SELAMA PROSES PRODUKSI TERHADAP KUAT TEKAN *DRY CONCRETE*

M. Mirza Abdillah Pratama, Vemi Widoanindyawati, Han Ay Lie^{*)}, Purwanto^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Dry concrete merupakan campuran yang terdiri agregat halus dan agregat kasar yang diikat oleh matriks semen. Dalam pembuatannya, dry concrete menggunakan nilai faktor air semen (FAS) yang rendah sehingga campuran dry concrete tersebut memiliki workabilitas yang rendah dan proses hidrasi semen menjadi kurang optimal. Untuk mengoptimalkan proses hidrasi semen tersebut, tegangan tekan pada proses produksi diharapkan dapat membuat air bebas bereaksi dengan butiran semen yang belum terhidrasi dan dapat mengurangi rongga udara dalam campuran dry concrete sehingga tercipta campuran dry concrete yang rapat dan diperoleh kuat tekan yang optimal. Penelitian ini menggunakan 2 (dua) jenis mix design dengan faktor air semen sebesar 0,4 dan 9 jenis variasi tegangan tekan selama proses produksi yaitu mulai 0 MPa sampai dengan 40 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan tekan selama proses produksi berpengaruh terhadap kuat tekan dry concrete. Semakin besar tegangan tekan yang diberikan maka kuat tekan dry concrete yang dihasilkan meningkat. Peningkatan tersebut terjadi secara berangsur-angsur hingga mencapai tegangan tekan optimum, yaitu 35 MPa. Laju peningkatan kuat tekan dan tegangan tekan optimum kedua mix design tersebut sama, hal tersebut disebabkan kedua mix design tersebut menggunakan faktor air semen yang sama.

kata kunci : *dry concrete, tegangan tekan, hidrasi semen, kuat tekan*

ABSTRACT

Dry concrete is basically a cementitious material, consisting of aggregates imbedded in a cement matrix that function as the binding agent. The water cement factor during this production is customary kept low, since from the economic point of view, speed in production is favored. A low water-cement-factor will result in a faster unmolding of elements. As a consequence, the probability of the hydration process is not at optimum. A technique of optimizing the hydration process is to apply a compression stress to the dry concretes, during the hydration stage. This stress is aimed to reduce the air voids in the mixture and to enable the entrapped water within the mortar to optimize the reaction with the cement. The application of compression stress is not only freed the entrapped water, but also creates a more dense material so it will provides a better performance of the dry

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

concrete. This study uses 2 types of mix design with a water-cement ratio of 0.4 and 9 types of compressive stress variations during the production process from 0 MPa to 40 MPa. The experimental test showed that the compressive stress during the production process affect the compressive strength of dry concrete. The greater compressive stress given during the production process increase the compressive strength of the dry concrete. This increase occurred gradually until it reaches the optimum compressive stress, which is 35 MPa. The rate of increase in compressive strength and the optimum compressive stress on both the mix design is in the same point, it is due to both the mix design using the same water-cement ratio.

keywords: *dry concrete, compressive stress, hydration of cement, compressive strength*

PENDAHULUAN

Kuat tekan beton umumnya dipengaruhi beberapa faktor, di antaranya adalah faktor air semen. Semen merupakan material pengikat yang digunakan dalam campuran beton. Semakin banyak semen yang digunakan, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang diperoleh. Sementara itu, air merupakan material yang berfungsi untuk proses hidrasi semen dan menentukan workabilitas dari campuran beton. Penggunaan air dalam jumlah besar dalam campuran beton dapat menimbulkan rongga yang berisi air yang dapat menurunkan kuat tekan beton. Penggunaan FAS yang rendah menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi, namun campuran tersebut cenderung memiliki workabilitas yang rendah dan mempengaruhi proses pemadatan. Pemadatan yang kurang efektif menyebabkan beton mengandung rongga udara yang dapat menyebabkan kuat tekan beton menurun.

Dry concrete merupakan campuran yang terdiri agregat halus dan agregat kasar yang diikat oleh matriks semen. Dalam pembuatannya, *dry concrete* menggunakan FAS yang rendah sekitar 0,3-0,4 sehingga campuran *dry concrete* tersebut hanya menggunakan air dalam jumlah sedikit. Sebagai konsekuensi, campuran *dry concrete* tersebut memiliki workabilitas yang rendah dan proses hidrasi semen menjadi kurang optimal. Untuk mengoptimalkan proses hidrasi semen tersebut, tegangan tekan pada proses produksi diharapkan dapat membuat air bebas bereaksi dengan butiran semen yang belum terhidrasi dan dapat mengurangi rongga udara dalam campuran *dry concrete* sehingga diperoleh kuat tekan beton yang optimal.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara besarnya tegangan tekan pada proses produksi terhadap kuat tekan *dry concrete*.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material penyusun benda uji terdiri dari semen, pasir, abu batu, dan batu pecah ukuran 5/10.
2. Komposisi antara pasir dan abu batu adalah 50 % : 50 %.
3. Benda uji yang digunakan adalah silinder 100 mm x 200 mm.
4. Dipergunakan 2 jenis *mix design dry concrete* yang diperoleh dari metode DOE yang telah dimodifikasi.
5. Faktor air semen (FAS) yang digunakan dalam penentuan jumlah air adalah 0,4.
6. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat *dry concrete* berumur 28 hari.

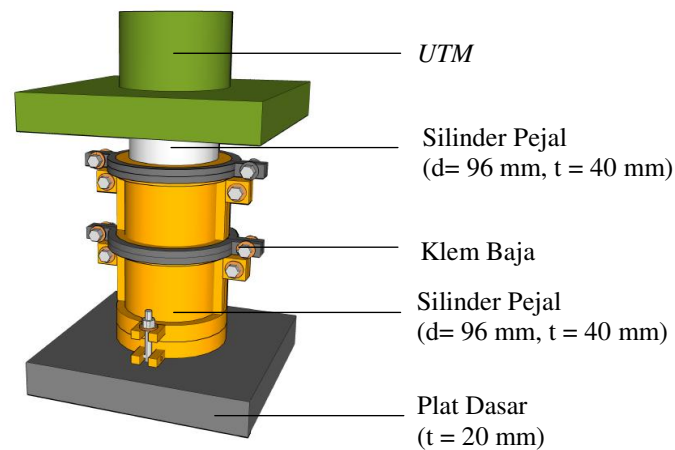
7. Tegangan tekan yang diberikan adalah 0 MPa, 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, dan 40 MPa.
8. Tegangan tekan ditahan selama 1 menit sebelum dilepas (*release*).
9. Benda uji yang dipergunakan berjumlah 3 buah untuk masing – masing varian.

METODOLOGI

Metode penelitian dalam penelitian tentang *dry concrete* ini dibagi menjadi beberapa tahapan berikut ini :

1. Persiapan penelitian
Persiapan penelitian dilakukan dengan mengkaji permasalahan yang melatarbelakangi ide penelitian, selanjutnya studi literatur dilakukan dari berbagai referensi, meliputi jurnal, buku cetak, dan internet.
2. Persiapan material
Material yang digunakan dalam penelitian ini antara lain semen Tiga Roda tipe PPC, pasir Muntitan, abu batu, dan batu pecah ukuran 5/10 produksi *stone crusher* PT. Jati Kencana Beton, Karangjati, serta air yang berasal dari PDAM.
3. Pemeriksaan material penyusun benda uji
Pemeriksaan material yang dilakukan dalam penelitian ini anatara lain :
 - a. Pemeriksaan dan pengujian semen
 - 1) Uji konsistensi normal
 - 2) Uji pengikatan awal
 - b. Pemeriksaan dan pengujian pasir dan abu batu
 - 1) Pemeriksaan kandungan lumpur dan kotoran organis (pasir)
 - 2) Analisis saringan
 - 3) Pemeriksaan kadar air
 - 4) Berat jenis
 - c. Pemeriksaan dan pengujian batu pecah 5/10
 - 1) Analisis saringan
 - 2) Pemeriksaan kadar air dan berat isi
 - 3) Berat jenis
4. Perancangan campuran (*Mix design*)
Penelitian ini menggunakan 2 jenis *mix design* yang diperoleh dari metode DOE yang telah dimodifikasi, yaitu DC-A dan DC-B.
5. Percobaan pendahuluan
Percobaan pendahuluan merupakan percobaan kasar yang dilakukan sebelum melakukan percobaan utama yang bertujuan untuk menguji kebenaran dari suatu hipotesis. Hasil dari percobaan pendahuluan ini digunakan sebagai dasar penentuan jumlah variabel tegangan tekan yang dalam penelitian.
6. Pembuatan benda uji
Pembuatan benda uji terbagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut :
 - a. Menimbang berat tiap material yang diperlukan sesuai dengan *mix design* yang telah ditentukan.
 - b. Mengolesi permukaan cetakan silinder bagian dalam dengan minyak pelumas agar *dry concrete* tidak menempel pada cetakan saat cetakan dibuka.
 - c. Membasahi peralatan yang digunakan untuk mencampur material *dry* dengan air.
 - d. Mencampur pasir, split, dan semen dalam kondisi kering hingga merata.

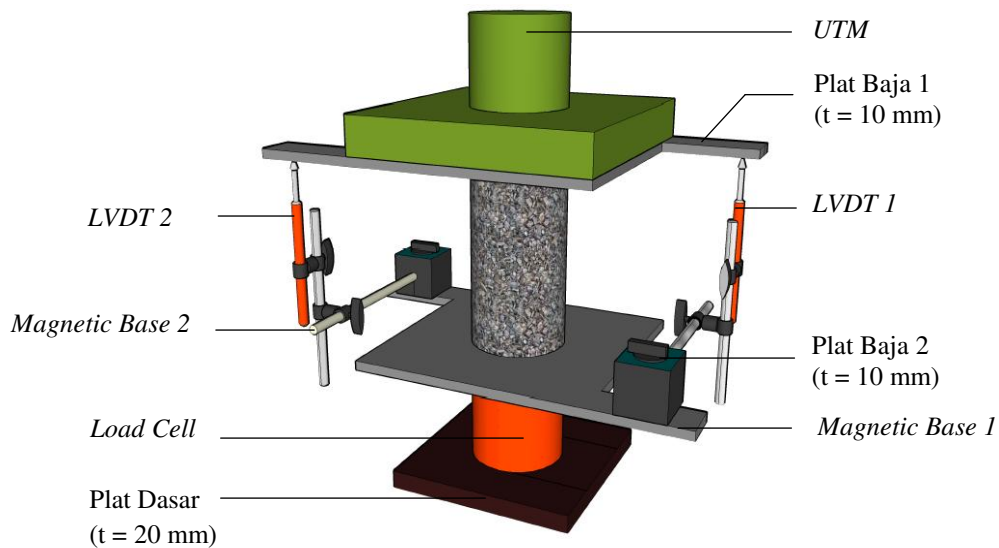
- e. Memasukkan air ke dalam campuran sedikit demi sedikit dan mengaduk kembali campuran *dry concrete* hingga merata.
- f. Menuang campuran *dry concrete* ke dalam cetakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm dengan 3 lapisan dan memadatkannya dengan menggunakan tongkat baja sebanyak 25 kali untuk setiap lapisan.
- g. Memasang klem (sabuk) baja pada silinder yang berfungsi untuk perkuatan sambungan cetakan.
- h. Meletakkan silinder baja pejal di atas permukaan campuran *dry concrete* yang telah dicetak dalam cetakan silinder.
- i. Meletakkan cetakan silinder yang telah dilengkapi serangkaian instrumen pelengkap (Gambar 1) pada *Universal Testing Machine* (UTM) secara sentris.
- j. Memberikan tegangan tekan pada *dry concrete* hingga mencapai nilai tegangan tekan yang telah ditetapkan dan ditahan selama 1 menit sebelum dilepas.
- k. Melepaskan sabuk baja dan silinder pejal dari cetakan.
- l. Menyimpan benda uji dalam ruangan lembab selama 24 jam.
- m. Membuka cetakan silinder.



Gambar 1. Detail *Setup* Alat untuk Pembuatan Benda Uji

7. Perawatan benda uji
Perawatan benda uji dilakukan dengan perendaman benda uji di dalam air selama ± 26 hari untuk menjamin proses hidrasi telah maksimal, kemudian pada umur 28 hari benda uji siap untuk dilakukan pengujian kuat tekan.
8. Pengujian benda uji
Pengujian kuat tekan *dry concrete* dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) yang dilengkapi *Linear Variable Displacement Transducer* (LVDT), *load cell*, dan *data logger*.
Sebelum pengujian, benda uji harus dipersiapkan sesuai langkah berikut ini :
 - a. Mengeringanginkan benda uji yang telah diangkat dari kolam perendaman.
 - b. Melapisi silinder dengan *capping* belerang di kedua sisinya agar kedua sisi menjadi rata.
 - c. Menimbang dan mencatat berat masing-masing benda uji silinder.
 - d. Meletakkan benda uji pada UTM secara sentris dan memasang seluruh peralatan pendukung sesuai *set up* yang direncanakan (Gambar 2).

- e. Melakukan pembebanan secara bertahap pada benda uji hingga mencapai beban maksimum.



Gambar 2. Detail *Setup* Alat Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mix Design

Penelitian ini menggunakan 2 jenis *mix design* yang diperoleh dari metode DOE yang telah dimodifikasi. Hal ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh pemberian tegangan tekan terhadap komposisi beton yang berbeda. Komposisi campuran *dry concrete* dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Material Penyusun *Dry Concrete*

No	<i>Mix Design</i>	Komposisi dalam Berat			
		Semen	Pasir	Abu Batu	Split
1	DC-A	1	1,60	1,60	4,10
2	DC-B	1	1,42	1,42	3,63

Slump Test

Hasil *slump test* menunjukkan bahwa campuran dari *mix design* yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan nilai slump = nol (Gambar 3). Nilai slump tersebut mengindikasikan bahwa campuran *dry concrete* memiliki workabilitas yang sangat rendah, oleh karena itu *dry concrete* membutuhkan penanganan khusus terutama pada saat pemadatan.

Kuat Tekan

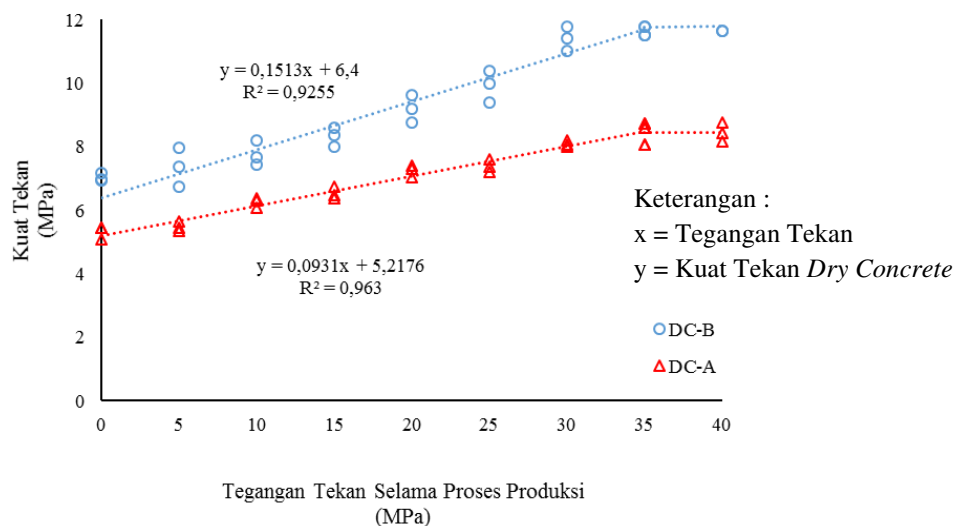
Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disusun beberapa analisa data yang dijabarkan pada beberapa poin berikut ini :

1. Peningkatan tegangan tekan selama proses produksi dapat meningkatkan kuat tekan *dry concrete* (Gambar 4). Peningkatan kuat tekan ini terjadi secara berangsur-angsur

hingga mencapai tegangan tekan optimum, di mana pemberian tegangan sudah tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan. Tegangan tekan menyebabkan rongga-rongga udara dalam *dry concrete* terisi oleh butiran penyusun campuran sehingga *dry concrete* menjadi lebih padat dan rapat. Air bebas yang terperangkap dalam rongga dapat menyebar dalam campuran dan bereaksi dengan partikel semen yang belum terhidrasi melalui proses difusi sehingga proses hidrasi menjadi lebih optimal dan kuat tekan *dry concrete* meningkat.



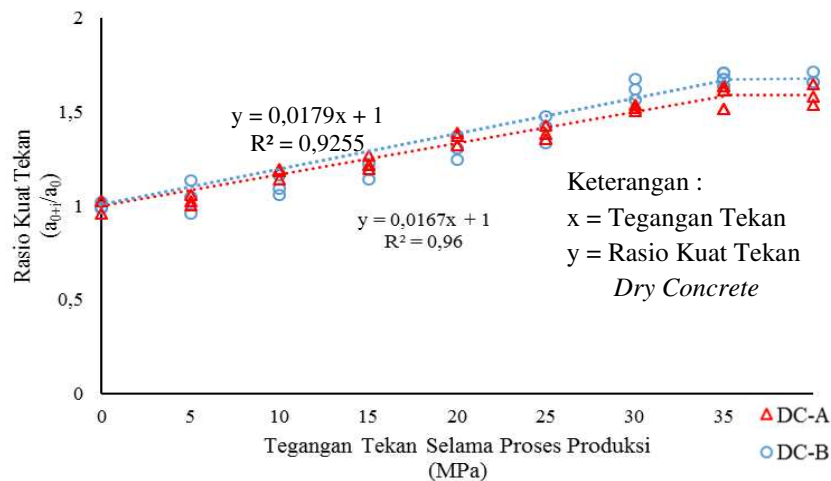
Gambar 3. Detail Setup Alat Pengujian



Gambar 4. Tegangan Tekan Selama Proses Produksi – Kuat Tekan

- Kuat tekan DC-B lebih tinggi daripada kuat tekan DC-A (Gambar 4). Hal ini disebabkan karena kadar semen pada DC-B lebih banyak daripada DC-A. Kadar semen dalam material berbasis semen menentukan besarnya kuat tekan yang dihasilkan. Semakin banyak semen yang dipergunakan, maka semakin tinggi kuat tekan yang diperoleh. Reaksi hidrasi semen menghasilkan C-S-H yang dapat mengikat antar partikel dalam campuran *dry concrete* sehingga menciptakan ikatan yang lebih kuat. Pada penelitian ini, peningkatan kadar semen sebesar 23,375% menyebabkan peningkatan kuat tekan *dry concrete* sebesar 39,2667% pada tegangan tekan optimum.
- Dengan melakukan normalisasi terhadap grafik pada gambar 4, dapat diperoleh grafik hubungan antara tegangan tekan selama proses produksi terhadap rasio kuat tekan. Rasio kuat tekan merupakan perbandingan antara kuat tekan masing-masing benda uji untuk setiap peningkatan tegangan tekan (a_{0+i}) terhadap kuat tekan rata-rata benda uji pada saat tegangan tekan produksi sebesar 0 MPa (a_0). Analisa rasio kuat tekan

dilakukan tiap *mix design* yang digunakan. Normalisasi bertujuan untuk mengkonversi data yang memiliki dimensi menjadi data yang tidak berdimensi. Dengan normalisasi data, kita dapat mengetahui perilaku dari data pengujian yang diperoleh. Gambar 5 menunjukkan bahwa laju peningkatan kuat tekan DC-A dan DC-B menunjukkan gradien yang hampir sama. Hal tersebut disebabkan karena kedua *mix design* tersebut menggunakan nilai faktor air semen yang sama atau dapat dirumuskan bahwa laju peningkatan kuat tekan *dry concrete* merupakan fungsi dari faktor air semen yang digunakan.

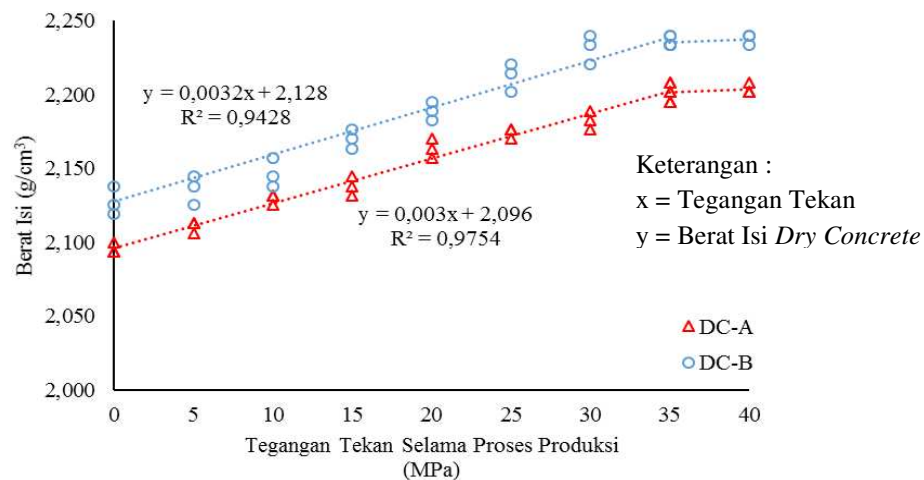


Gambar 5. Grafik Pengaruh Tegangan Tekan Selama Proses Produksi terhadap Rasio Kuat Tekan *Dry Concrete*

4. Tegangan tekan optimum untuk kedua jenis *mix design* yang digunakan berada pada titik yang sama, yaitu 35 MPa. Proses hidrasi bergantung pada jumlah air yang digunakan dalam campuran. Dengan menggunakan FAS yang sama, maka proporsi air dan semen dalam campuran *dry concrete* akan selalu sama sehingga reaksi hidrasi akan berlangsung dengan performa yang sama. Hal ini dapat dikatakan bahwa sejumlah air yang terdapat dalam campuran beton akan menghidrasi partikel semen dengan proporsi yang sama.

Berat Isi

Data hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar tegangan tekan yang diaplikasikan, maka berat isi *dry concrete* menjadi semakin besar dan pada tegangan tekan optimum, berat isi *dry concrete* tidak mengalami peningkatan secara signifikan. Hal ini disebabkan karena tegangan tekan membuat rongga udara dalam *dry concrete* berkurang sehingga campuran menjadi semakin padat. Gambar 6 menunjukkan bahwa pada berat isi DC-B lebih besar dari pada DC-A, walaupun demikian kedua jenis *mix design* tersebut menunjukkan trendline yang serupa. DC-A mengalami peningkatan berat isi sebesar 5,05%, sementara DC-B mengalami peningkatan berat isi sebesar 5,07%. Bila dibandingkan dengan grafik hubungan tegangan tekan-kuat tekan, kedua grafik tersebut menunjukkan karakter grafik yang serupa.



Gambar 6. Hubungan Tegangan Tekan Selama Proses Produksi – Berat Isi Dry Concrete

KESIMPULAN

1. Tegangan tekan selama proses produksi berpengaruh terhadap kuat tekan *dry concrete*. Semakin besar tegangan tekan yang diaplikasikan, maka kuat tekan *dry concrete* yang dihasilkan semakin tinggi.
2. Kadar semen dalam campuran *dry concrete* mempengaruhi kuat tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar semen yang digunakan maka semakin tinggi juga kuat tekan yang dipeoleh.
3. Laju (*rate*) peningkatan kuat tekan *dry concrete* dipengaruhi oleh faktor air semen yang digunakan. Penggunaan faktor air semen yang sama akan menghasilkan laju peningkatan kuat tekan yang sama.
4. Tegangan tekan optimum dipengaruhi oleh faktor air semen yang digunakan. *Mix design* dengan faktor air semen yang sama menghasilkan tegangan tekan optimum pada titik yang sama.

SARAN

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai proporsi campuran *dry concrete* agar diperoleh *dry concrete* dengan kuat tekan yang sesuai rencana.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai ketebalan efektif untuk pemadatan dengan pemberian tegangan tekan pada benda uji silinder.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai metode pemadatan yang lebih efektif pada campuran *dry concrete*.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh metode pencampuran material dalam pembuatan benda uji terhadap kuat tekan yang dihasilkan.
5. Diperlukan kajian dari segi ekonomis antara *dry concrete* dengan pemberian tegangan tekan selama proses produksi terhadap *dry concrete* yang diproduksi dengan metode lain dan beton konvensional.
6. Diperlukan uji SEM untuk mengetahui pengaruh tegangan tekan terhadap mikrostruktur dari *dry concrete*.

7. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kontribusi antara tingkat kepadatan dan reaksi hidrasi semen pada campuran *dry concrete* akibat pemberian tegangan tekan terhadap peningkatan kuat tekan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C33/03 (2006). *Standard Specification for Concrete Aggregate*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C127 (2006). *Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C128 (2006). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C150 (2006). *Standard Specification for Portland Cement*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- Baiden, B. K. and Asante, C. K. O. (2004). "Effects of orientation and compaction methods of manufacture on strength properties of sandcrete blocks". *Construction and Building Materials* 18, pp. 717.
- Budi, A.S. dan Margono, Budi (2004). "Analisa Experimental Aspek Pengaruh Semen terhadap Kekuatan Tekan Beton," Tugas Akhir. Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Johansen, V. C., Klemm, W. A., dan Taylor (2002). "Why Chemistry Matters in Concrete". *Concrete International* Edisi Maret, pp. 84-89.
- Levitt, Maurice (1982). "Precast concrete: Materials, manufacture, properties, and usage". Applied Science Publishers. <http://goo.gl/PGZY0z> diakses pada tanggal 9 Agustus 2014.
- Mindess, S. dan Young, J. F. (2002). *Concrete Second Edition*. London : Pearson Education Ltd.
- Mulyono, Tri (2004). *Teknologi Beton*. Jakarta : Andi Offset.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M. (1979). *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta : Erlangga.
- Nasa, K.A. dan Fatkhurozi, M. (2011). "Studi Eksperimental Perilaku Beton dengan Menggunakan Abu Batu sebagai Pengganti Pasir," Tugas Akhir. Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Nawy, Edward G. (1985). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT. Eresco.
- Neville, Adam (2002). "Water and Concrete: A Love-Hate Relationship". *Concrete International* Edisi Desember, pp. 34-38.
- Oktaviani, M. B. dan Ardiyati, P (2013). "Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Nano dan Bahan Tambah Superplastizer terhadap Kuat Tekan Beton," Tugas Akhir. Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- PBBI 1971 NI-2 (1971). *Bab 3 Pasal 3.3 Agregat Halus*. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- PBBI 1971 NI-2 (1971). *Bab 3 Pasal 3.4 Agregat Kasar*. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Purwanto (1994). *Mix Design DOE dan ACI*. Pilar Edisi 3 Tahun II. pp. 26-30.
- Rommel, E. (2003). "Peningkatan Kualitas Paving Block akibat Pemberian Variasi Tekanan pada Proses Pembuatannya" *Media Teknik Sipil*, Vol. 1, No. 1, Agustus 2003, ISSN 1693-3095.

- Rommel, E. (2007). “Teknologi Pembuatan *Paving Block* dengan Material *FCA (Fine Coarse Aggregate)*” Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia.
- SK SNI T-15-1990-03 (1990). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Widyastuti (2010). “Korelasi Waktu terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi”. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia.